

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JPO U.S. PTO  
09/922738  
08/07/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2000年 8月 7日

出願番号  
Application Number:

特願2000-238331

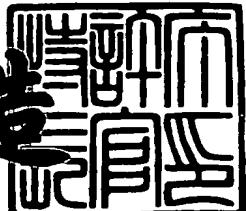
出願人  
Applicant(s):

日本精工株式会社

2001年 6月15日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3055113

【書類名】 特許願  
【整理番号】 NSK0008  
【提出日】 平成12年 8月 7日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 B62D 5/04  
【発明の名称】 電動パワーステアリング装置の制御装置  
【請求項の数】 4  
【発明者】  
【住所又は居所】 群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内  
【氏名】 遠藤 修司  
【特許出願人】  
【識別番号】 000004204  
【氏名又は名称】 日本精工株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100078776  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 安形 雄三  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100087055  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 鈴木 淳也  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100084803  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 村山 勝  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 010836  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【フルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電動パワーステアリング装置の制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】ステアリングシャフトに発生する操舵トルクに基いて演算手段で演算された操舵補助指令値と、ステアリング機構に操舵補助力を与えるモータの電流値とから演算した電流制御値に基いて前記モータを制御するようになっている電動パワーステアリング装置の制御装置において、前記モータの角速度が所定範囲に入っているときに電流ディザ信号を発生して前記操舵補助指令値に印加する電流ディザ信号発生手段を具備したことを特徴とする電動パワーステアリング装置の制御装置。

【請求項2】前記所定値が静摩擦に相当する前記モータの角速度である請求項1に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

【請求項3】前記電流ディザ信号が、Kを定数、 $\omega_0$ をディザ角周波数として  $\sin \omega_0 t$  で表わされる請求項2に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

【請求項4】前記ディザ角周波数  $\omega_0$  が 40 Hz である請求項3に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、自動車や車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するようにした電動パワーステアリング装置の制御装置に関し、特にモータが完全に静止した状態での静摩擦の影響を除去するために電流ディザ信号を発生するようにした電動パワーステアリング装置の制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

自動車や車両のステアリング装置をモータの回転力で補助負荷付勢する電動パワーステアリング装置は、モータの駆動力を減速機を介してギア又はベルト等の

伝達機構により、ステアリングシャフト或いはラック軸に補助負荷付勢するようになっている。かかる従来の電動パワーステアリング装置は、アシストトルク（操舵補助トルク）を正確に発生させるため、モータ電流のフィードバック制御を行っている。フィードバック制御は、電流制御値とモータ電流検出値との差が小さくなるようにモータ印加電圧を調整するものであり、モータ印加電圧の調整は、一般的に PWM（パルス幅変調）制御のデューティ比の調整で行っている。

#### 【0003】

ここで、電動パワーステアリング装置の一般的な構成を図13に示して説明すると、操向ハンドル1の軸2は減速ギア3、ユニバーサルジョイント4a及び4b、ピニオンラック機構5を経て操向車輪のタイロッド6に結合されている。軸2には、操向ハンドル1の操舵トルクを検出するトルクセンサ10が設けられており、操向ハンドル1の操舵力を補助するモータ20がクラッチ21、減速ギア3を介して軸2に結合されている。パワーステアリング装置を制御するコントロールユニット30には、バッテリ14からイグニションキー11を経て電力が供給され、コントロールユニット30は、トルクセンサ10で検出された操舵トルクTと車速センサ12で検出された車速Vに基いてアシスト指令の操舵補助指令値Iの演算を行い、演算された操舵補助指令値Iに基いてモータ20に供給する電流を制御する。クラッチ21はコントロールユニット30でON/OFF制御され、通常の動作状態ではON（結合）されている。そして、コントロールユニット30によりパワーステアリング装置が故障と判断された時、及びイグニションキー11によりバッテリ14の電源（電圧Vb）がOFFとなっている時に、クラッチ21はOFF（切離）される。

#### 【0004】

コントロールユニット30は主としてCPUで構成されるが、そのCPU内部においてプログラムで実行される一般的な機能を示すと図14のようになる。例えば位相補償器31は独立したハードウェアとしての位相補償器を示すものではなく、CPUで実行される位相補償機能を示している。

#### 【0005】

コントロールユニット30の機能及び動作を説明すると、トルクセンサ10で

検出されて入力される操舵トルク  $T$  は、操舵系の安定性を高めるために位相補償器 3 1 で位相補償され、位相補償された操舵トルク  $T_A$  が操舵補助指令値演算器 3 2 に入力される。また、車速センサ 1 2 で検出された車速  $V$  も操舵補助指令値演算器 3 2 に入力される。操舵補助指令値演算器 3 2 は、入力された操舵トルク  $T_A$  及び車速  $V$  に基いてモータ 2 0 に供給する電流の制御目標値である操舵補助指令値  $I$  を決定する。操舵補助指令値  $I$  は減算器 3 0 A に入力されると共に、応答速度を高めるためのフィードフォワード系の微分補償器 3 4 に入力され、減算器 3 0 A の偏差 ( $I - i$ ) は比例演算器 3 5 に入力されると共に、フィードバック系の特性を改善するための積分演算器 3 6 に入力される。微分補償器 3 4 及び積分補償器 3 6 の出力も加算器 3 0 B に加算入力され、加算器 3 0 B での加算結果である電流制御値  $E$  が、モータ駆動信号としてモータ駆動回路 3 7 に入力される。モータ 2 0 のモータ電流値  $i$  はモータ電流検出回路 3 8 で検出され、モータ電流値  $i$  は減算器 3 0 A に入力されてフィードバックされる。

#### 【0006】

ところで、広く普及している油圧式パワーステアリング装置では、図 1 5 に示すようにシリンダ圧  $P$  に比例して（横軸  $T$  は操舵トルク）、シリンダ部の摩擦が増加する特性を有し、この摩擦特性のためにヒステリシスを持つことになり、例えばコーナリング時にセルフアライニングトルクによってハンドルが急に戻されるのを防ぎ、ドライバの操舵感の向上にも役立っている。図 1 6 はその様子を示しており、操舵トルク  $T$  が急激に  $\Delta T$  だけ変化した場合、ヒステリシスがない場合には  $P_1$  なるシリンダ圧が変化することになるが、ヒステリシスがある場合には  $P_2$  ( $< P_1$ ) の変化となる。従って、ヒステリシスがあれば操舵トルク  $T$  の変化に対して、シリンダ圧  $P$  の変化を緩やかにすることができます。ここで、ヒステリシス幅は摩擦の大きさに応じて変化することが知られており、油圧シリンダのゴムパッキンでは、シリンダ圧の上昇に伴ってゴムが圧迫されることにより、クーロン摩擦が増えてヒステリシス幅が増える。そして、ドライバとしては中立点近くではセルフアライニングトルクを強く感じ、コーナリング時等にはセルフアライニングを余り感じないことが、操舵感の上で重要である。この意味から理想的には油圧式パワーステアリング装置のように、操舵角  $\theta$  が小さい領域では摩

擦（ヒステリシス）が小さく、操舵角 $\theta$ が大きい領域では摩擦（ヒステリシス）が大きいことが望ましい。

## 【0007】

これに対して、電動パワーステアリング装置では、図17に示すようにアシストトルクTに関係なく一定の摩擦を有する。モータ角速度 $\omega$ と摩擦Fとの関係で示すと図18のようになり、モータ角速度 $\omega$ の小さい領域（- $\omega_1$ ～+ $\omega_1$ ）Aでは静摩擦が作用し、それ以外の角速度領域（- $\omega_1$ 以下、+ $\omega_1$ 以上）では一定値（+F2, -F2）のクーロン摩擦Bと、モータ角速度 $\omega$ の増加に対して2次関数的に増加する粘性摩擦Cとの加算値が摩擦Fとなって現れる。

## 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

図18に示すモータ角速度 $\omega$ と摩擦Fとの関係より、モータ角速度 $\omega$ がゼロ付近では摩擦特性が不連続となり、何かのタイミングで舵角が完全に静止すると、ハンドルがその位置にはりついてしまう感じを受ける不具合がある。即ち、電動パワーステアリング装置では操舵性能を向上するためにモータ慣性の補償や摩擦の影響を除去するための種々の補償を行っており、そのような補償制御をモータ角速度に基づいて行っているため、モータが完全に静止した状態での影響、つまり電動パワーステアリング装置が持っている静摩擦の影響を補償することができない。

## 【0009】

本発明は上述のような事情よりなされたものであり、本発明の目的は、電動パワーステアリング装置のモータが完全に静止した状態での静摩擦の影響を除去し、連続的で安定した操舵感を得るようにした電動パワーステアリング装置の制御装置を提供することにある。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、ステアリングシャフトに発生する操舵トルクに基いて演算された操舵補助指令値と、ステアリング機構に操舵補助力を与えるモータの電流値とから演算した電流制御値に基いて前記モータを制御するようになっている電動パワー

ステアリング装置の制御装置に関するもので、本発明の上記目的は、前記モータの角速度が所定範囲に入っているときに電流ディザ信号を発生して前記操舵補助指令値に印加する電流ディザ信号発生手段を設けることによって達成される。

## 【0011】

また、前記所定値が静摩擦に相当する前記モータの角速度であることにより、或は前記電流ディザ信号を、Kを定数、 $\omega_0$ をディザ周波数として  $\sin \omega_0 t$  とすることによって、本発明の上記目的はより効果的に達成される。

## 【0012】

## 【発明の実施の形態】

本発明では、モータ角速度の小さい領域において、微細な電流ディザ信号を操舵補助指令値に印加することによって、モータ角速度対摩擦特性を見かけ上連続特性とし、モータ角速度ゼロ付近での静摩擦特性の影響を除去するようにしている。つまり、本発明では電流ディザ信号を操舵補助指令値に加えることにより、ドライバがモータの振動を感じない程度にモータを微小振動させ、図1に示すようにモータ角速度対摩擦特性を連続的なものとしている。これにより、舵角が完全に静止しても、従来のようにハンドルがその位置にはりつくようなこともない。

## 【0013】

以下、本発明の実施例を、図面を参照して説明する。

## 【0014】

図2は本発明による制御機能の全体ブロック図である。操舵トルクTは操舵補助指令値演算部100及びセンタ応答性改善部101に入力され、各出力が加算器102に入力され、その加算結果がトルク制御演算部103に入力されている。トルク制御演算部103の出力信号はモータロス電流補償部104に入力され、その出力が加算器105を経て最大電流制限部106に入力され、最大電流値が制限されて電流制御部110に入力される。電流制御部110の出力は、Hブリッジ特性補償部111を経て電流ドライブ回路112に入力され、これによりモータ113を駆動する。

## 【0015】

モータ113のモータ電流*i*は、モータ電流オフセット補正部120を経てモータ角速度推定部121、電流ドライブ切換部122及び電流制御部110に入力され、モータ端子電圧V<sub>m</sub>はモータ角速度推定部121に入力される。モータ角速度推定部121で推定された角速度 $\omega$ はモータ角加速度推定部・慣性補償部123、モータロストルク補償部124及びヨーレート推定部125に入力され、ヨーレート推定部125の出力は收れん制御部126に入力され、收れん制御部126及びモータロストルク補償部124の各出力は加算器127で加算され、その加算結果が加算器102に入力される。モータロストルク補償部124はモータ113のロストルクの発生する方向、つまりモータ113の回転方向に対してロストルク相当のアシストを行ない、收れん制御器126は、車両のヨーの收れん性を改善するためにハンドルが振れ回る動作に対してブレーキをかけるようになっている。

#### 【0016】

また、ドライバが感じない程度にモータ113を微小振動させるためのディザ信号DSを発生する電流ディザ信号発生部130が設けられており、電流ディザ信号発生部130及びモータ角加速度推定部・慣性補償部123の各出力が加算器131で加算され、その加算結果が加算器105に入力されている。そして、加算器105での加算結果が最大電流制限部106に入力されている。モータ角速度推定部121からの角速度 $\omega$ は電流ディザ信号発生部130にも入力されており、電流ディザ信号発生部130は角速度 $\omega$ がゼロ近辺の± $\omega$ 2の範囲内において、波長△ $\omega$ 、周波数40Hzの正弦波のディザ信号DSを発生するようになっている。

#### 【0017】

このような構成において、本発明ではセンタ応答性改善部101を図3に示すように、位相進み補償部101A、近似微分部101B及びゲイン設定部101Cで構成し、位相進み補償部101Aを図4に示す周波数特性とし、近似微分部101Bを図5に示す周波数特性とする。これにより、位相進み補償と近似微分との合成特性は図6に示すようになり、位相遅れのない位相特性を得ることができる。

## 【0018】

また、本発明では操舵補助指令値演算部100におけるアシスト量の計算において、3つの代表車速(0, 30, 254 Km/h)によるアシスト特性を基本特性として設定し、その他の車速では車速補間ゲインに応じて各基本特性間を車速2 Km/h毎の補間を行う。そして、アシスト特性の車速設定範囲0~254 Km/h、分解能2 Km/hとする。基本アシスト特性(トルク対電流)は図7に示すものであり、0 Km/h = 1o特性、30 Km/h = 1a特性、254 Km/h = 1b特性で

+表わされている。そして、その他の車速についての車速補間演算は、図8で示す車速(Km/h)対車速補間係数 $\gamma$ で2 Km/h毎に行う。車速0~30 Km/hのとき、アシスト電流Iは $I = 1a(T) + \gamma(V) (1o(T) - 1a(T))$ であり、車速32~254 Km/hのとき、アシスト電流Iは $I = 1b(T) + \gamma(V) (1a(T) - 1b(T))$ である。

## 【0019】

ここにおいて、本発明では静摩擦の影響を除去するための電流ディザ信号発生部130を設けており、モータ角速度 $\omega$ がゼロ近辺の± $\omega_0/2$ の範囲内となったときに、図9(A)及び図10に示すような角周波数 $\omega_0$ に相当する波長 $\Delta\omega$ 、周波数40 Hzの正弦波 $\sin\omega_0 t$ であるディザ信号DSを発生する。これにより、角周波数 $\omega_0$ がゼロのときの摩擦は、ディザ信号なしで図11に示すように摩擦が一定の静摩擦F1となり、角周波数 $\omega_0$ が正弦波の波高値となったときにその分だけ減少してクーロン摩擦F2となり、その間は正弦波の大きさに対応して増減するので、図9(B)に示すような摩擦特性となる。この結果、摩擦特性の全体では正負が相殺されて均一化され、ゼロとなる。このように、モータ角速度 $\omega$ のゼロ付近でモータが微小振動されるので、モータ角速度 $\omega$ に対する摩擦特性は図10に示すようにゼロ近辺で連続な特性となる。角周波数 $\omega_0$ は30~50 Hzで、40 Hzが望ましく、この範囲においてドライバがモータの振動を感じることはない。

## 【0020】

図12は電流ディザ信号発生部130の実際の動作例を示しており、モータ角

速度 $\omega$ が所定値± $\omega_2$ の範囲内に入っているか否かを判定し（ステップS1）、モータ角速度 $\omega$ が± $\omega_2$ の範囲内に入った場合には、更に操舵トルクTの大きさ（絶対値）が所定値 $\alpha$ よりも小さいか否かを判定する（ステップS2）。所定値± $\omega_2$ はモータ角速度 $\omega$ のゼロ近辺であれば良く、± $\omega_2$ に限定されるものではない。そして、操舵トルクTが所定値 $\alpha$ より小さい場合に、Kを定数として正弦波の $K \cdot \sin \omega_0 t$ なるディザ信号DSを発生し、操舵補助指令値Irefに印加する。これによって、モータ角速度 $\omega$ のゼロ付近で、モータをドライバが感じない程度に微小振動することができる。なお、操舵トルクTを判定しているのは、操舵トルクTの小さいときだけハンドル戻り特性を良くするためである。

## 【0021】

## 【発明の効果】

本発明では、モータ角速度のゼロ近辺でモータを微小振動させるためのディザ信号を発生させ、アシスト量（操舵補助指令値）に対して印加するようにしている。ディザ信号によるモータの振動はドライバが感じない周波数及び大きさになっており、モータ角速度のゼロ近辺での静摩擦の影響をなくすことができる。また、モータ角速度のゼロ近辺で摩擦特性が連続化されるので、不自然な操舵感を防ぐことができ、快適な操舵フィーリングを得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の基本概念を説明するための図である。

## 【図2】

本発明の構成例を示すブロック図である。

## 【図3】

センタ応答性改善部のブロック構成図である。

## 【図4】

位相進み補償部の特性例を示す図である。

## 【図5】

近似微分部の特性例を示す図である。

## 【図6】

位相進み補償部及び近似微分部の合成特性を示す図である。

【図7】

基本アシスト特性を示す図である。

【図8】

車速補間演算の一例を示す図である。

【図9】

本発明による電流ディザ信号を説明するための図である。

【図10】

本発明の動作を説明するための図である。

【図11】

モータ角速度がゼロのときの摩擦特性を示す図である。

【図12】

本発明の動作例を示すフローチャートである。

【図13】

電動パワーステアリング装置の一例を示すブロック構成図である

【図14】

コントロールユニットの一般的な内部構成を示すブロック図である。

【図15】

モータ駆動回路の一例を示す結線図である。

【図16】

油圧式パワーステアリング装置の動作例を示す図である。

【図17】

ヒステリシス特性の効果を説明するための図である。

【図18】

電動パワーステアリング装置の摩擦特性を示す図である。

【符号の説明】

100 操舵補助指令値演算部

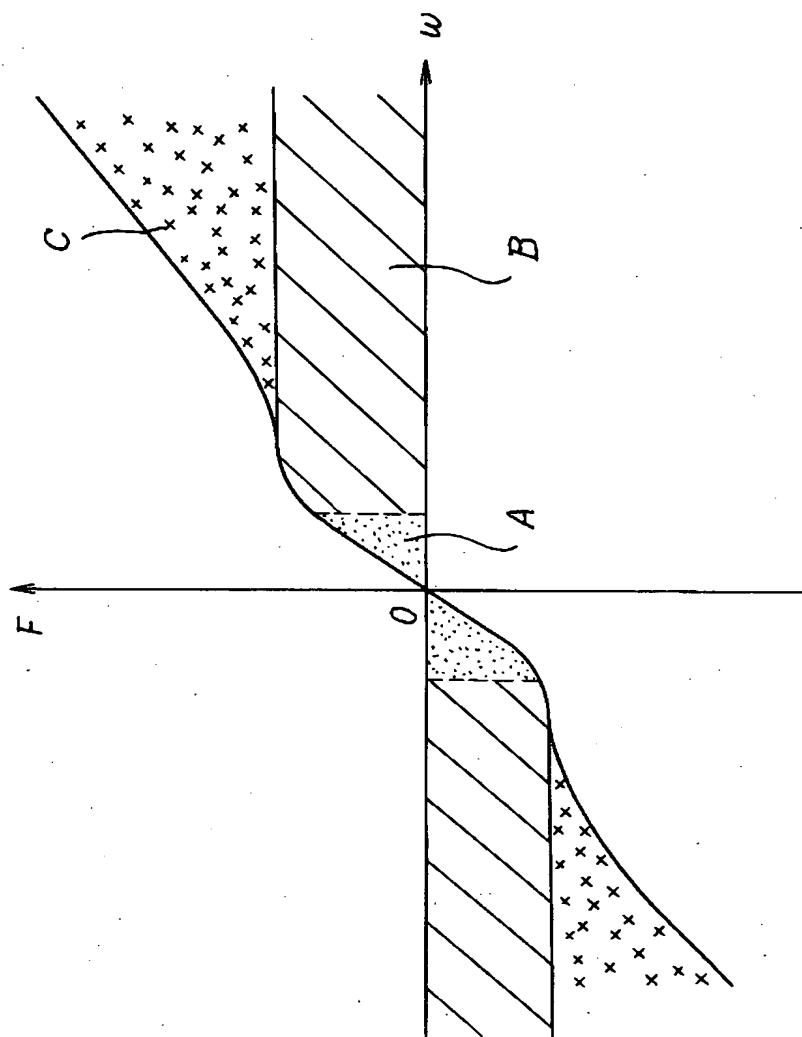
101 センタ応答性改善部

101A 位相進み補償部

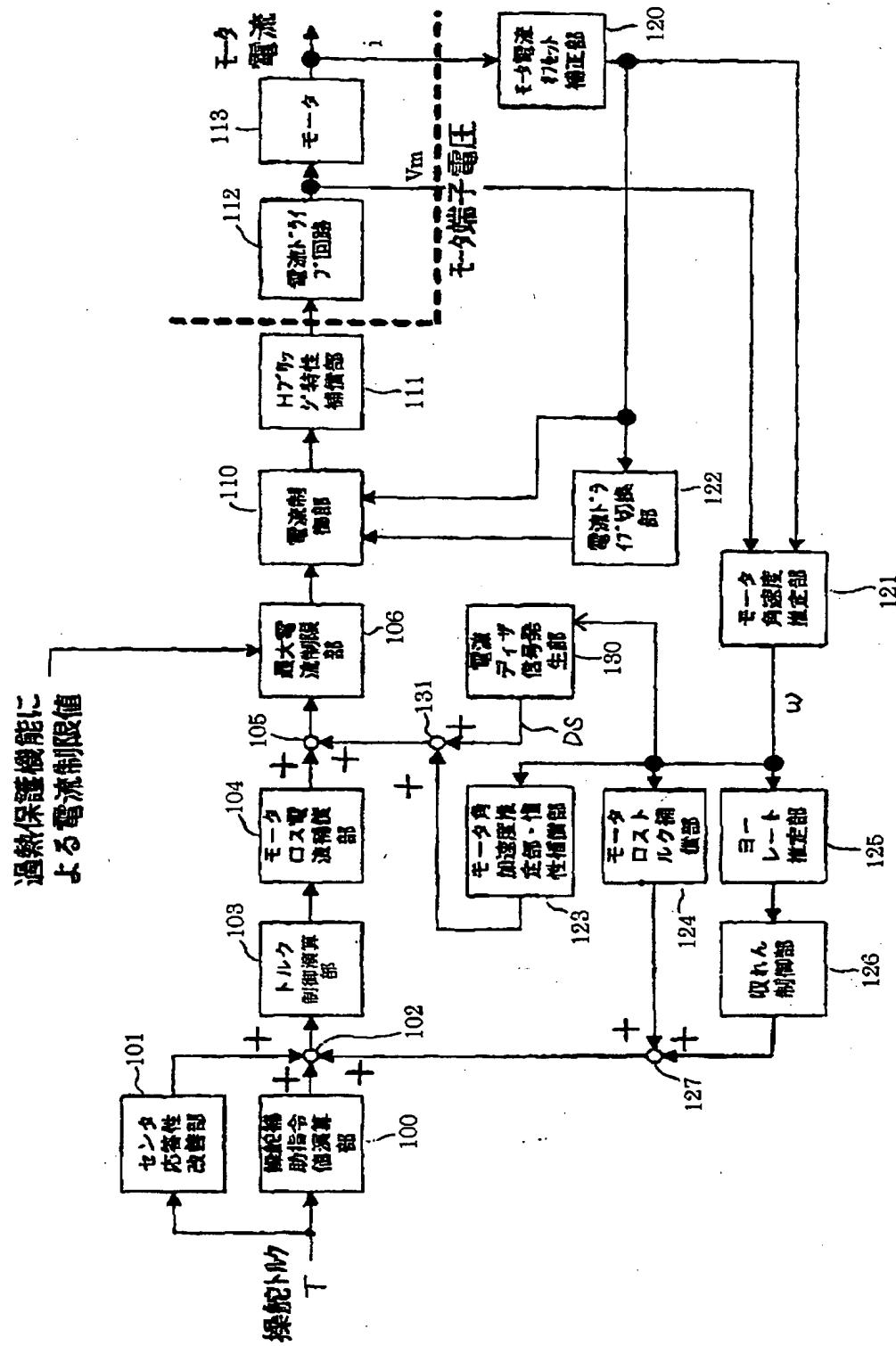
- 101B 近似微分部
- 101C ゲイン設定部
- 103 トルク制御演算部
- 104 モータロス電流補償部
- 106 最大電流制限部
- 110 電流制御部
- 113 モータ
- 121 モータ角速度推定部
- 125 ヨーレート推定部
- 130 電流ディザ信号発生部

【書類名】 図面

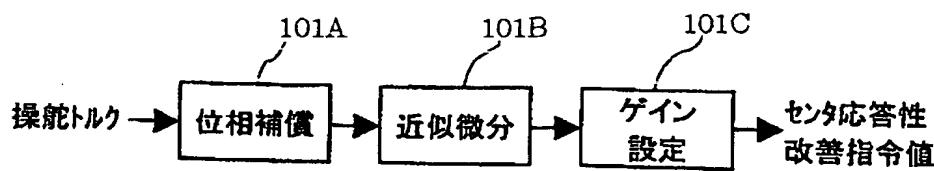
【図1】



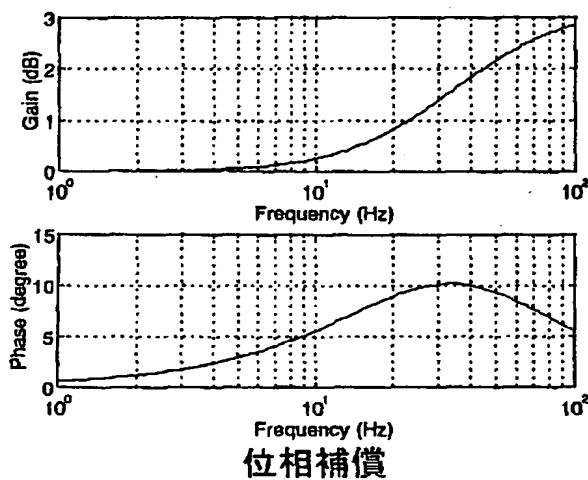
## 【図2】



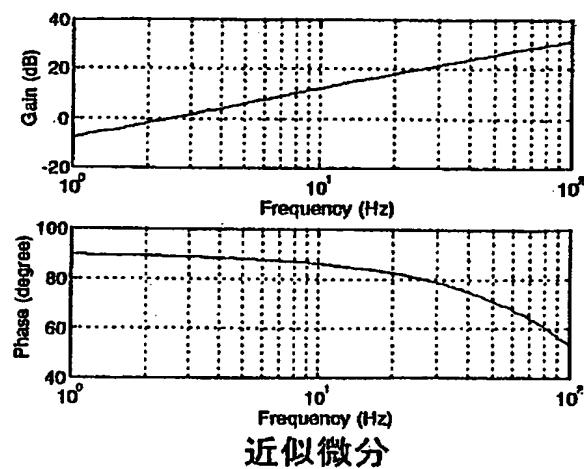
【図3】



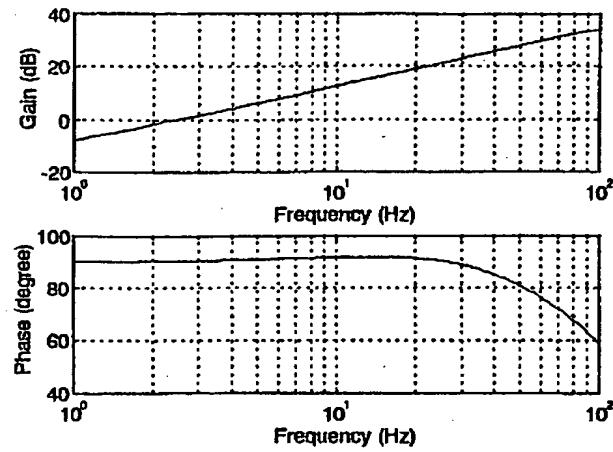
【図4】



【図5】

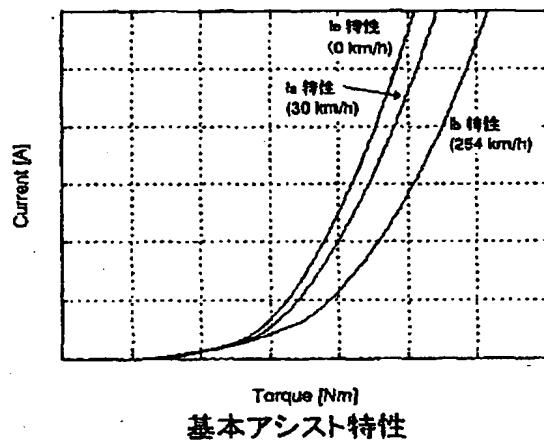


【図6】



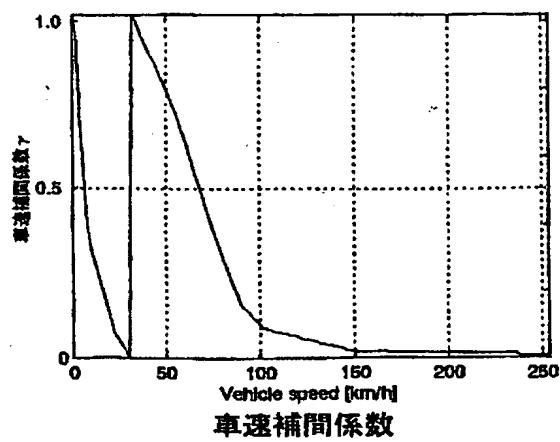
近似微分十位相進み

【図7】

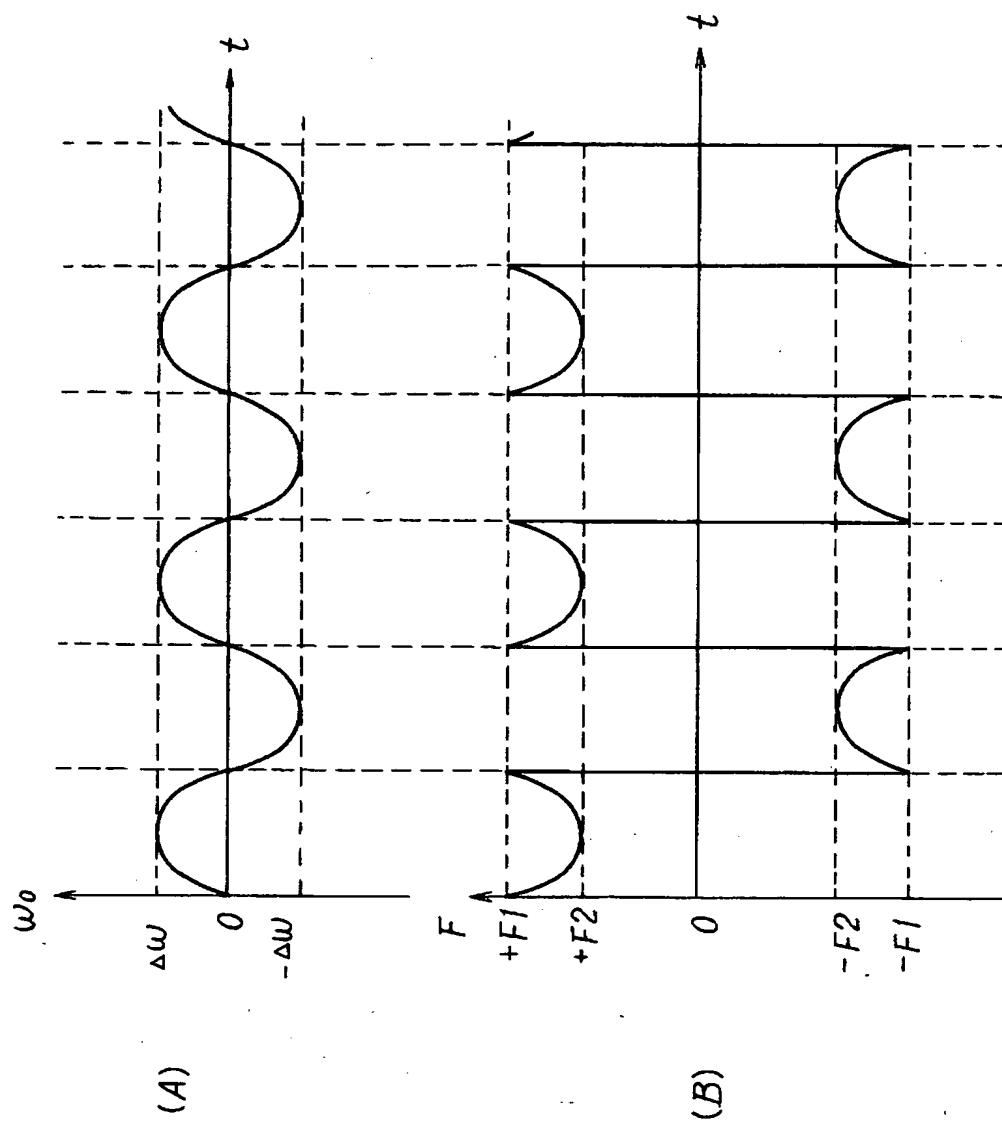


基本アシスト特性

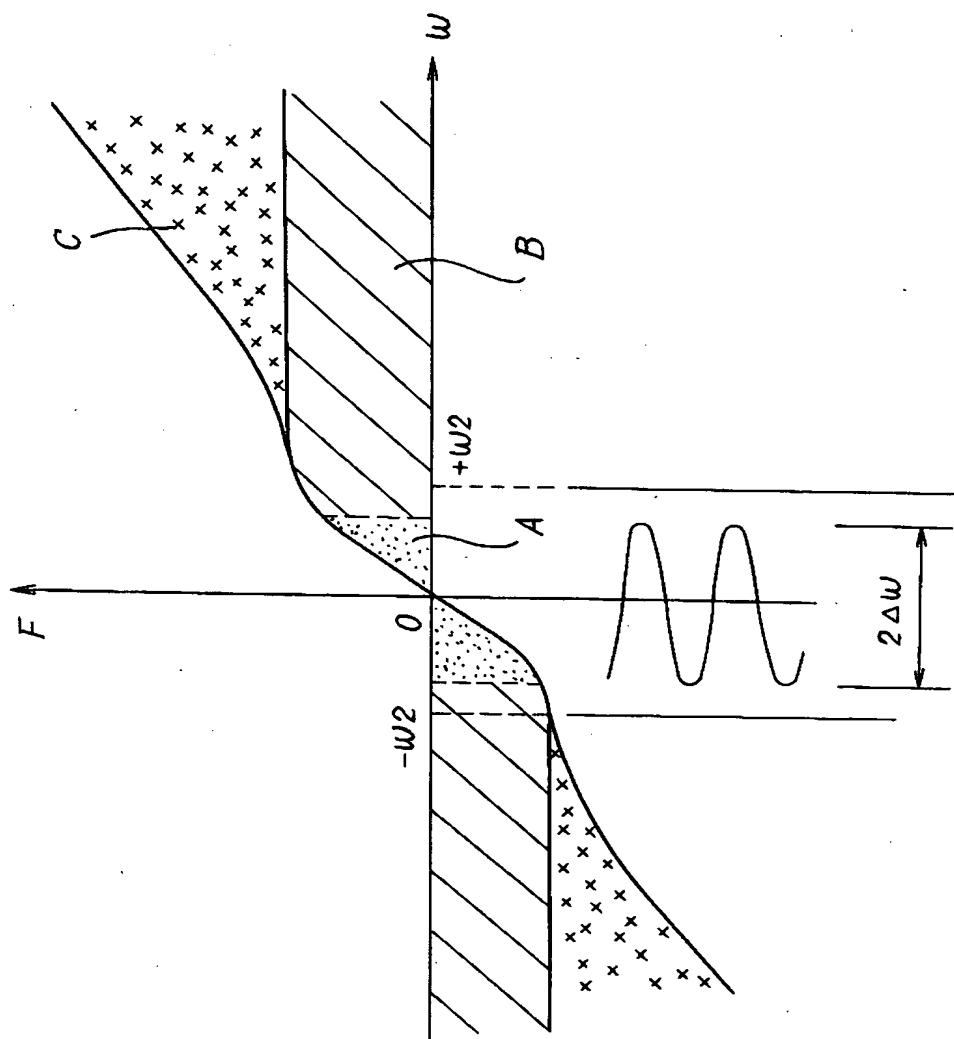
【図8】



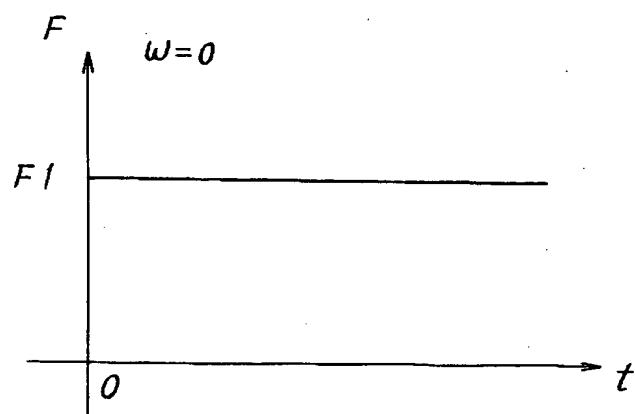
〔図9〕



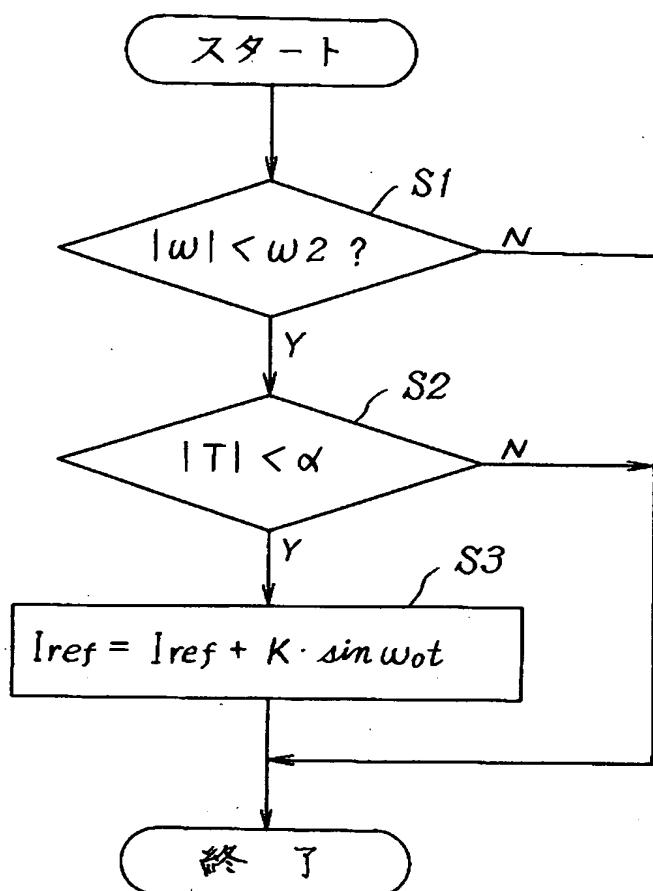
【図10】



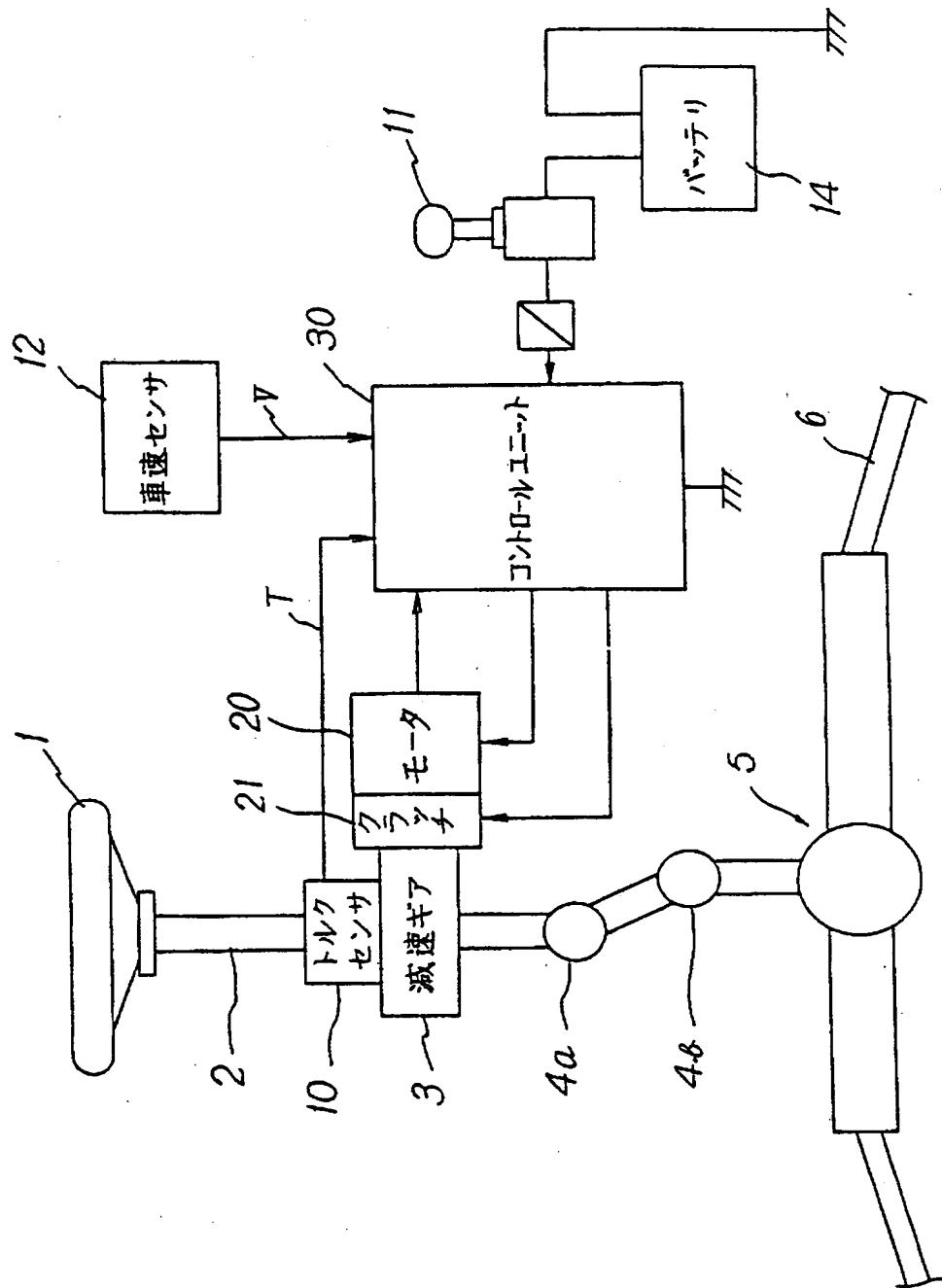
【図11】



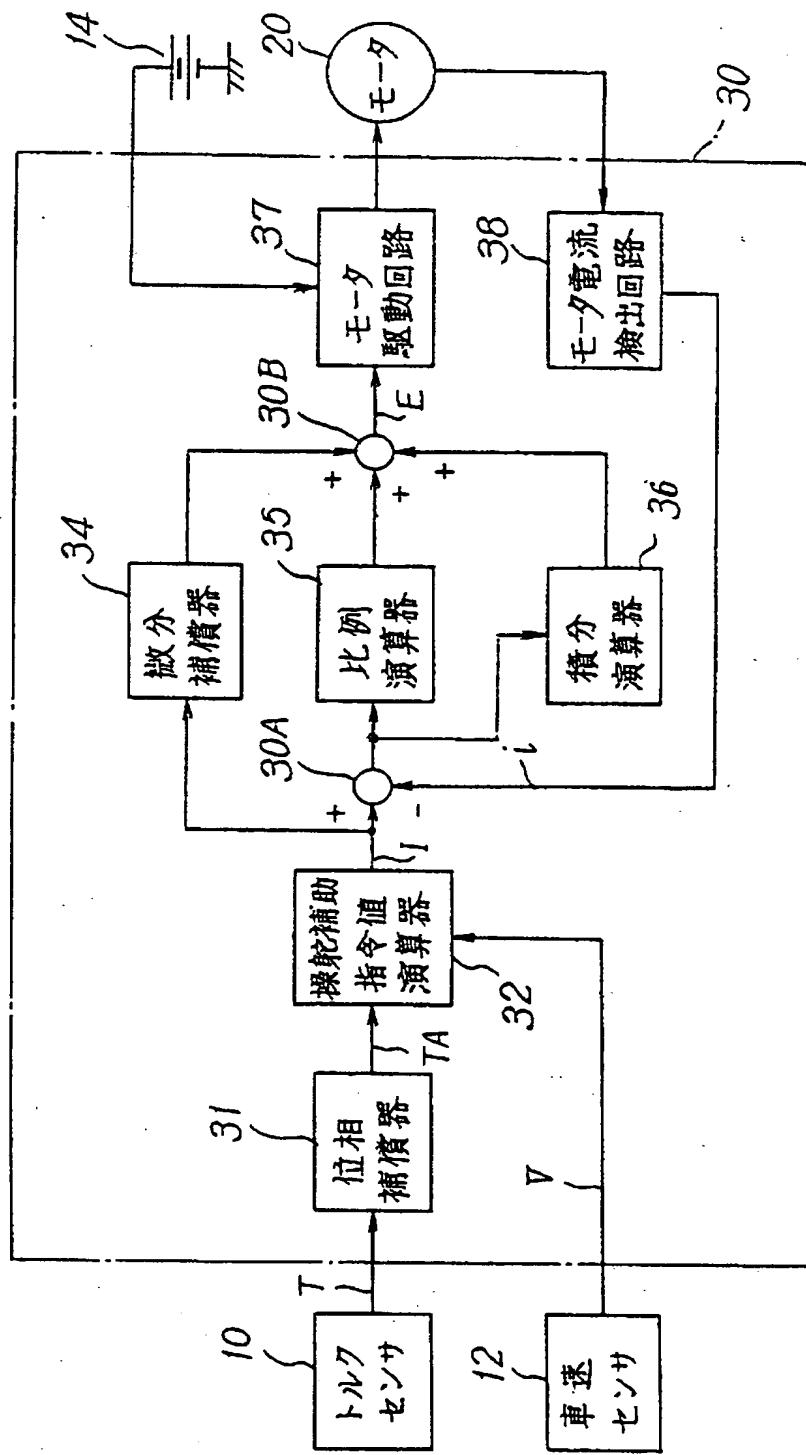
【図12】



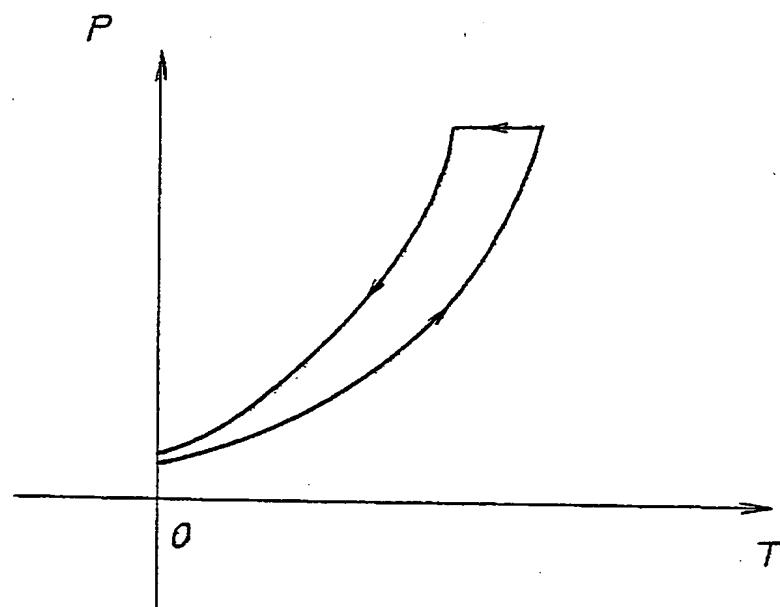
【図13】



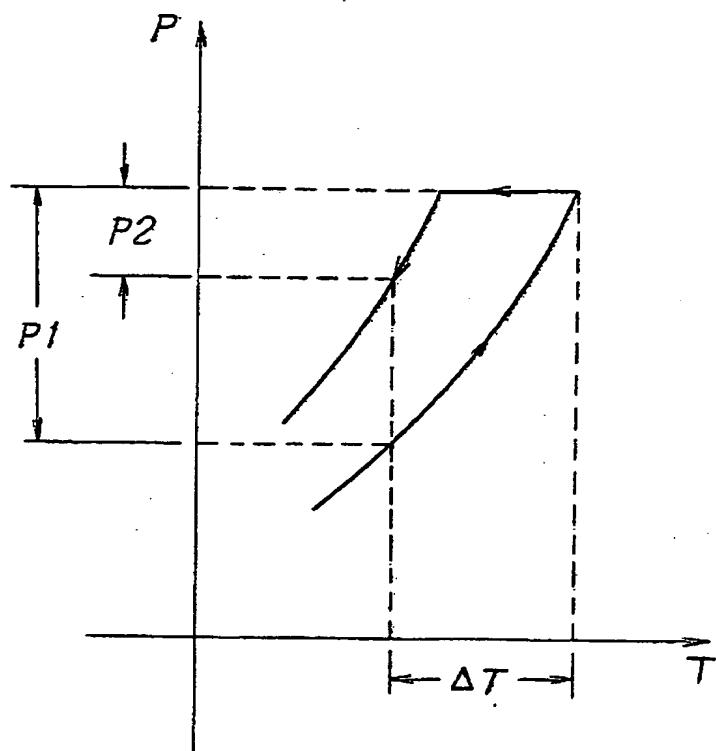
【図14】



【図15】

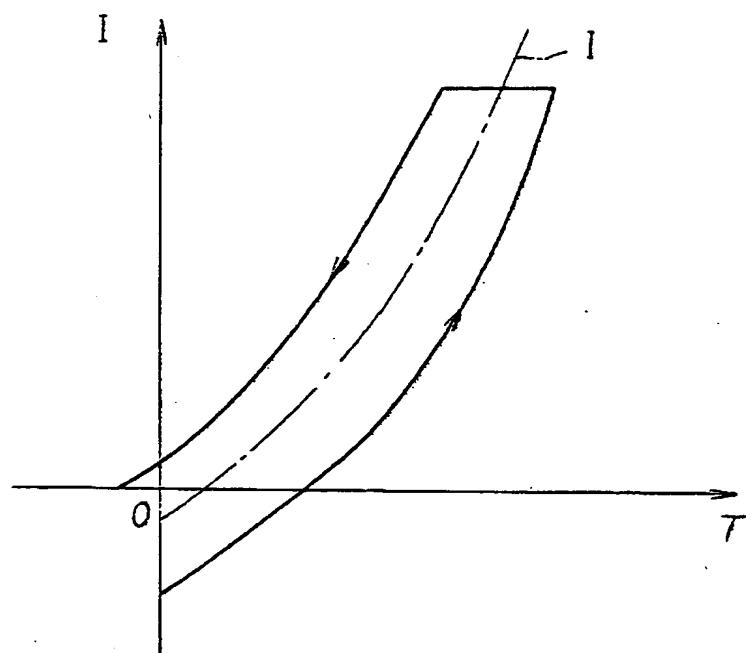


【図16】

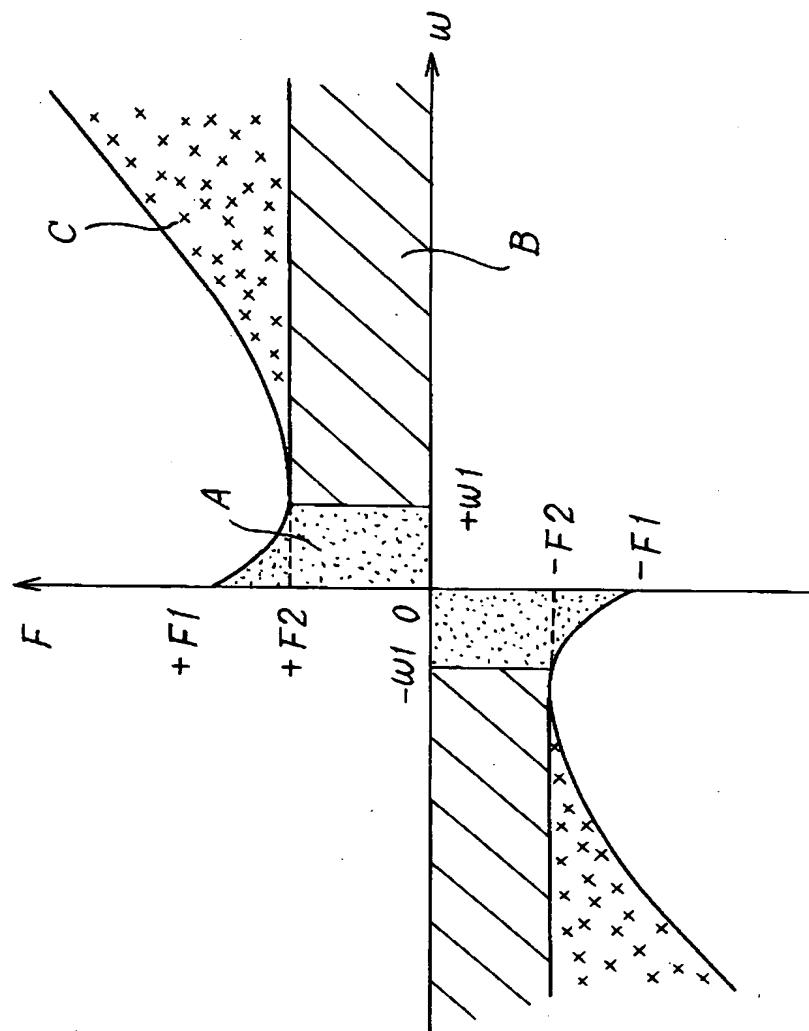


特2000-238331

【図17】



【図18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電動パワーステアリング装置にソフトウェア上の安価な構成で、モータが完全に静止した状態での静摩擦の影響を除去し、連続的で安定した操舵感を得るようとした電動パワーステアリング装置の制御装置を提供する。

【解決手段】 ステアリングシャフトに発生する操舵トルクに基いて演算手段で演算された操舵補助指令値と、ステアリング機構に操舵補助力を与えるモータの電流値とから演算した電流制御値に基いて前記モータを制御するようになっている電動パワーステアリング装置の制御装置において、前記モータの角速度が所定範囲に入っているときに電流ディザ信号を発生して前記操舵補助指令値に印加する電流ディザ信号発生手段を設ける。

【選択図】 図10

出願人履歴情報

識別番号 [000004204]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区大崎1丁目6番3号

氏 名 日本精工株式会社